

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 2002160659
PUBLICATION DATE : 04-06-02

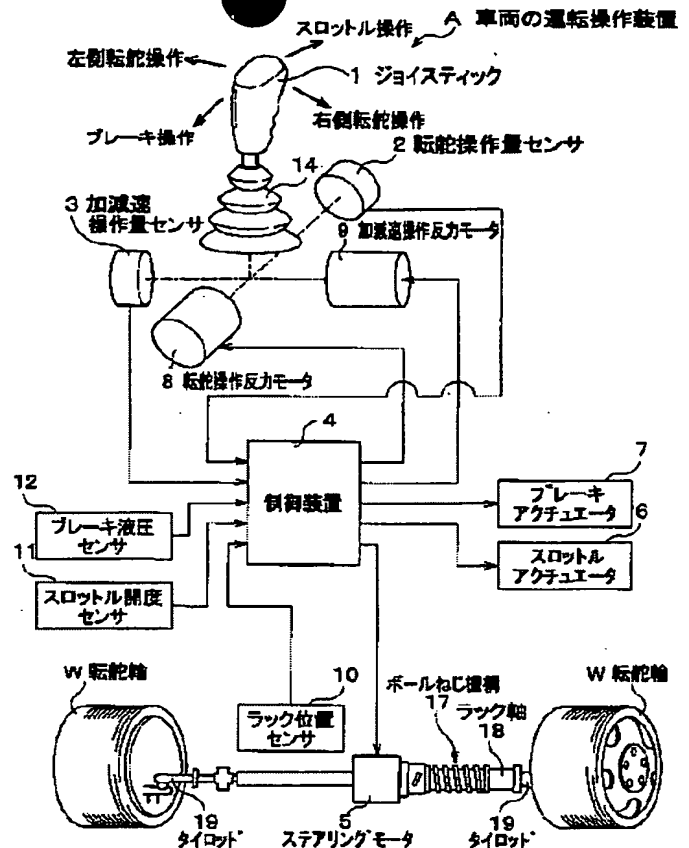
APPLICATION DATE : 28-11-00
APPLICATION NUMBER : 2000360609

APPLICANT : HONDA MOTOR CO LTD;

INVENTOR : KONO MASAOKI;

INT.CL. : B62D 6/00 B60T 8/00 B62D 1/12
B62D 5/04 F02D 9/02 F02D 11/02
G05G 5/03 G05G 9/047 // B62D109:00
B62D111:00

TITLE : DRIVE CONTROL DEVICE FOR
VEHICLE AND CONTROL PROGRAM
OF THE CONTROLLER



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a drive control device for a vehicle capable of providing, to a drive control element, such reactions that a lateral reaction is related to a longitudinal reaction and determined according to limit behaviors in the longitudinal and lateral directions of the vehicle and a control program thereof.

SOLUTION: In the drive control device A of the vehicle capable of performing the accelerating and decelerating controls of the vehicle according to the longitudinal operation of joystick 1 operated by a driver and performing a steering operation according to the lateral operation thereof, a tire friction circle utilization factor as the ratio of the magnitude of a composite vector formed of the longitudinal and lateral forces of a tire (steered wheel) to a tire friction circle of the vehicle is obtained, and the reactions are given to the joystick 1 according to the tire friction circle utilization factor. Also, the portion of a controller 4 formed of a computer is controlled by a program so as to perform the control of the accelerating and decelerating operations of the vehicle, the control of the steering operation, and the control of the reactions.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-160659

(P2002-160659A)

(43) 公開日 平成14年6月4日 (2002.6.4)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

B 6 2 D 6/00

B 6 2 D 6/00

3 D 0 3 0

B 6 0 T 8/00

B 6 0 T 8/00

D 3 D 0 3 2

B 6 2 D 1/12

B 6 2 D 1/12

3 D 0 3 3

5/04

5/04

3 D 0 4 6

F 0 2 D 9/02

F 0 2 D 9/02

3 5 1 B 3 G 0 6 5

3 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 18 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2000-360609(P2000-360609)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(22) 出願日

平成12年11月28日(2000.11.28)

(72) 発明者 杉谷 伸夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(72) 発明者 村田 真

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社
本田技術研究所内

(74) 代理人 100064414

弁理士 磯野 道造

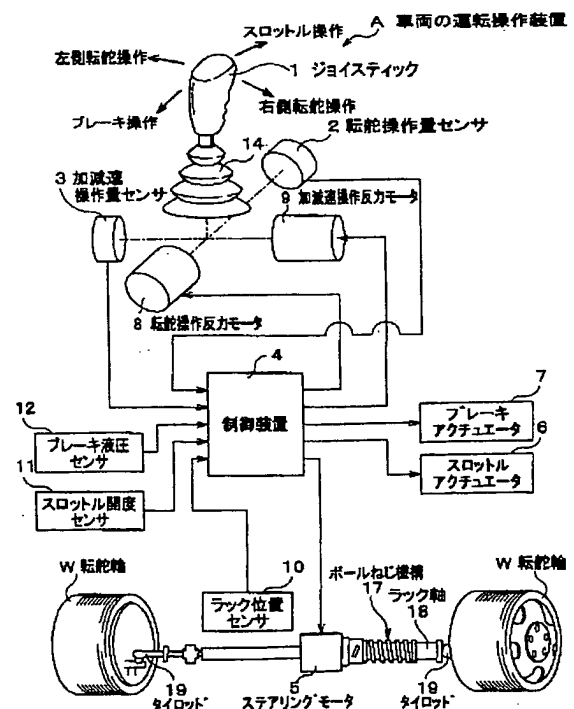
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の運転操作装置及びその制御プログラム

(57) 【要約】

【課題】 横方向の反力と前後方向の反力が関連付けられ、かつ車両の前後方向及び左右方向の限界挙動に応じた反力を運転操作子に与える車両の運転操作装置及びその制御プログラムを提供する。

【解決手段】 運転者に操作されるジョイスティック1の前後操作に応じて車両の加減速制御を行い、左右操作に応じて転舵制御を行うようにした車両の運転操作装置Aにおいて、車両のタイヤ摩擦円に対するタイヤ(転舵輪)の前後及び左右力の合成ベクトルの大きさの比であるタイヤ摩擦円利用率を求め、このタイヤ摩擦円利用率に応じてジョイスティック1に反力を与えるようにした。また、制御装置4のうちコンピュータからなる部分を、車両の加減速操作の制御、転舵操作の制御、反力制御を行うようにプログラムで制御した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 運転者に操作される運転操作子の前後操作に応じて車両の加減速制御を行い、左右操作に応じて転舵制御を行うようにした車両の運転操作装置において、

前記車両のタイヤの摩擦円に対する前記タイヤの前後及び左右力の合成ベクトルの大きさの比であるタイヤ摩擦円利用率を求め、このタイヤ摩擦円利用率に応じて前記運転操作子に反力を与えるようにしたことを特徴とする車両の運転操作装置。

【請求項2】 運転者に操作される運転操作子の前後操作に応じて車両の加減速制御を行い、左右操作に応じて転舵制御を行うようにした車両の運転操作装置を制御するために、コンピュータを、

前記運転操作子の前後方向の動きに応じて検出される操作量に基づいて加減速制御を行う加減速制御手段、

前記運転操作子の左右方向の動きに応じて検出される操作量に基づいて転舵制御を行う転舵制御手段、

前記車両の走行状態に応じて検出される状態量に基づいて前記車両のタイヤの摩擦円を設定するタイヤ摩擦円設定手段、

前記車両の走行状態に応じて検出される状態量及び前記タイヤの摩擦円に基づいて前記車両のタイヤの摩擦円利用率を演算するタイヤ摩擦円利用率演算手段、

前記タイヤの摩擦円利用率に応じて前記操作子に反力を与える制御を行う反力制御手段、として機能させることを特徴とする車両の運転操作装置制御用プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ジョイスティックなどの運転操作子で運転操作を行う車両の運転操作装置、殊にコントロールバイワイヤを用いた車両の運転操作装置に関する。

【0002】

【従来の技術】図19に示すように、従来における車両の運転操作装置A'は、ステアリングホイール101、ステアリング軸102及びラックアンドピニオン機構103などを備える。この従来の車両の転舵操作装置A'は、ステアリングホイール101を回転させる運転者の転舵操作を、ラックアンドピニオン機構103によりラック軸118の直線運動に変換し、ラック軸118の端部のタイロッド119、119を介して転舵輪W、Wを転舵するというように、運転者がステアリングホイール101に加える転舵操作力を機械的に転舵輪W、Wに伝達していた。また、ブレーキについては、運転者がブレーキペダルを踏み込む際の踏力を、機械的にマスタシリンダのピストンに伝達してブレーキ力に変換していた。さらに、スロットルについては、運転者がスロットルペダルを踏み込む際の踏力を、機械的にスロットル弁に伝達してスロットル弁の開度を調節していた。

【0003】また、前記した車両の運転操作装置A'におけるステアリングホイール101に代えて、スティックタイプなどのジョイスティック（運転操作子）を操作し、しかもジョイスティックの操作量を電気的な信号に変換してから転舵操作を行うSBW（Steer By Wire）を用いた車両の運転操作装置が知られている。また、転舵操作に加えて、ジョイスティックの操作量を電気的な信号に変換してからブレーキ操作及びスロットル操作を行うCBW（Control By Wire）を用いた車両の運転操作装置が知られている。例えば、特開平9-301193号公報の「自動車の長手運動及び横運動を制御するための操作要素配置構造」には、一般的なベダル機構及び又は一般的な舵取りハンドルを省き、車両の長手方向運動及び横運動を制御するための操作要素である制御ノブ（ジョイスティック）を備えた車両の運転操作装置が開示されている。また、特開2000-170553号公報の「自動車用運転操作装置」には、1本のジョイスティックの前後操作で加減速操作（アクセル操作及びブレーキ操作）を行い、左右操作で操舵操作を行う技術が開示されている。

【0004】ところで、SBWやCBWなどを用いた車両の運転操作装置の場合、例えば転舵操作を考えると、ジョイスティックと転舵輪とは機械的に切り離されているため、転舵操作の際における路面反力などが運転者に伝わらないことになり不自然である。このため、運転者のジョイスティックの操作に対し、車両の状態を加味して何等かの反力を積極的に与える車両の運転操作装置が知られている。例えば、前記した特開2000-170553号公報の「自動車用運転操作装置」におけるジョイスティックには、前後方向の操作及び左右方向の操作に反力を付与するため、加減速反力発生用モータ及び操舵反力発生用モータが備えられている。そして、この自動車用運転操作装置は、（1）操舵操作量と車両状態（車速、横加速度、ヨー角速度など）を読み込んで操舵反力を演算し、演算に基づいて操舵反力発生用モータを駆動してジョイスティックの左右方向の動きに反力を与えている。同様に、（2）この自動車用運転操作装置は、加減速操作量と前記した車両状態を読み込んで加減速反力を演算し、演算に基づいて加減速反力発生用モータを駆動してジョイスティックの前後方向の動きに反力を与えている。

【0005】また、特開平9-193821号公報には、操作要素作動力（ジョイスティック操作力）に対抗して作用する作用力をジョイスティックに及ぼす「車両の操舵角制御用の操作要素装置」が開示されている。これによれば、操舵角（転舵角）が増大すると操舵反力は大きくなり、同時に、車両の縦方向及び／又は横方向運動が増加すると操舵反力は大きくなる。

【0006】また、特開2000-108914号公報には、運転操作子として操舵ハンドルを有して、SBW

により転舵輪の転舵制御を行う「操舵制御装置」が開示されている。この操舵制御装置では、操舵角（転舵角）に基づく制御量と車両の挙動状態（ヨーレート、横加速度、操舵トルク、車速など・・・）に基づく制御量とをともに、操舵ハンドルに操舵反力を付与する。

【0007】

【発明を解決しようとする課題】しかしながら、前記した従来技術は、車両の状態量（ヨーレートなど）を運転操作子に反力として与えるものであり、車両の限界挙動に応じた反力を運転操作子に与えるものではない。また、加減速操作と転舵操作を同一の運転操作装置で行うものは、運転操作子に与えられる横方向の反力と前後方向の反力とが別々である。このため、転舵しながら加減速を行うという、日常でもっとも頻度の多い運転操作に対して、運転操作子に与えられる反力が不自然で、運転者に違和感を与える。

【0008】そこで本発明は、横方向の反力と前後方向の反力とを同時に与える、かつ車両の前後方向及び左右方向の限界挙動に応じた反力を運転操作子に与えることのできる車両の運転操作装置を提供することを主たる課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記課題に鑑み本発明者らは鋭意研究を行い、タイヤに加わる前後力・左右力（横力）、路面とタイヤとの摩擦係数及び輪重などを加味して求めたタイヤ摩擦円とその利用率に基づけば、車両の限界挙動に応じた反力を運転操作子に与えることができることなどに着目し本発明を完成するに至った。即ち、前記課題を解決した本発明のうち請求項1に記載の発明は、運転者に操作される運転操作子の前後操作に応じて車両の加減速制御を行い、左右操作に応じて転舵制御を行うようにした車両の運転操作装置において、前記車両のタイヤの摩擦円に対する前記タイヤの前後及び左右力の合成ベクトルの大きさの比であるタイヤ摩擦円利用率を求め、このタイヤ摩擦円利用率に応じて前記運転操作子に反力を与えるようにした。

【0010】この構成において、タイヤの摩擦円（以下「タイヤ摩擦円」という）は、車両の限界挙動を示したものである。一方、タイヤ摩擦円利用率は、車両の限界挙動までの度合いを示すものであり、その数値が大きくなると車両の限界挙動に近づいていることを示す。なお、タイヤ摩擦円及びタイヤ摩擦円利用率は、路面状態及び車両状態により変化する。ちなみに、前後操作及び左右操作は、車両の方向を基準にする場合と運転者の方向を基準にする場合があるが、通常は、車両と運転者の方向は一致している。

【0011】また、請求項2に記載の発明は、運転者に操作される運転操作子の前後操作に応じて車両の加減速制御を行い、左右操作に応じて転舵制御を行うようにした車両の運転操作装置を制御するために、コンピュータ

を、前記運転操作子の前後方向の動きに応じて検出される操作量に基づいて加減速制御を行う加減速制御手段、前記運転操作子の左右方向の動きに応じて検出される操作量に基づいて転舵制御を行う転舵制御手段、前記車両の走行状態に応じて検出される状態量に基づいて前記車両のタイヤの摩擦円を設定するタイヤ摩擦円設定手段、前記車両の走行状態に応じて検出される状態量及び前記タイヤの摩擦円に基づいて前記車両のタイヤの摩擦円利用率を演算するタイヤ摩擦円利用率演算手段、前記タイヤの摩擦円利用率に応じて前記操作子に反力を与える制御を行う反力制御手段、として機能させることを特徴とする車両の運転操作装置制御用プログラムである。

【0012】この構成において、加減速制御手段により制御されるのは、加速アクチュエータ（発明の実施の形態におけるスロットルアクチュエータ）及び制動アクチュエータ（発明の実施の形態におけるブレーキアクチュエータ）である。また、転舵制御手段により制御されるのは、ステアリングアクチュエータ（発明の実施の形態におけるステアリングモータ）である。また、反力制御手段により制御されるのは、加減速操作反力アクチュエータ（発明の実施の形態における加減速操作反力モータ）及び転舵操作反力アクチュエータ（発明の実施の形態における転舵操作反力モータ）である。また、加減速制御手段は、発明の実施の形態におけるブレーキ制御部及びスロットル制御部に相当する。また、転舵制御手段は、発明の実施の形態における転舵制御部に相当する。また、タイヤ摩擦円利用率設定手段及びタイヤ摩擦円利用率演算手段は、発明の実施の形態におけるタイヤ摩擦円利用率演算制御部（タイヤ摩擦円設定部、タイヤ摩擦円利用率演算部）に相当する。なお、走行状態とは、発明の実施の形態における車速、転舵角、エンジン回転速度、ブレーキ液圧、ステアリングモータの負荷など（その一部又は全部）であり、タイヤ摩擦円を設定するため及び／又はタイヤ摩擦円利用率を演算するために必要となるものが含まれる（加速度センサ、ヨーレートセンサ、トルクセンサ、重量センサなどにより求まる走行状態でもよい）。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の車両の運転操作装置（以下「運転操作装置」という）を、図面を参照して詳細に説明する。

【0014】本実施形態の運転操作装置は、運転者に操作される運転操作子たるジョイスティックを有し、その操作（量）に基づいて、ブレーキアクチュエータ、スロットルアクチュエータ及び転舵アクチュエータを駆動して車両の運転操作、つまりCBWによる車両の加減速及び転舵を行う。また、この運転操作装置は、タイヤ摩擦円利用率に基づいて、車両の限界状態を反映した反力を運転操作子に与える。

【0015】このため、この運転操作装置は、ブレーキ

液圧を変化させるためのブレーキアクチュエータ、スロットル開度を変化させるスロットルアクチュエータ及び転舵アクチュエータとしてラック軸の位置を移動させるためのステアリングモータを有すると共に、加減速操作反力モータ及び転舵操作反力モータを有する。

【0016】なお、図12にタイヤ摩擦円を示すが、タイヤ摩擦円は、路面摩擦係数 μ 及びタイヤの接地面に加わる輪重から求めることができる。また、タイヤ摩擦円利用率 ξ は、タイヤに加わる横力 F_y （左右方向の力）及び前後力 F_x （駆動力又は制動力）の合力 F をタイヤ摩擦円の半径 R で除すことにより求めることができる。タイヤ摩擦円の半径 R は、タイヤの発生可能な最大グリップ力 F_{max} を示す。合力 F が F_{max} を超えない範囲、つまりタイヤ摩擦円利用率 ξ が1を超えない範囲では、車両は限界挙動を超えず、タイヤは路面にグリップする。タイヤ摩擦円利用率が1を超えると、車両は限界挙動を超え、タイヤが路面にグリップしなくなる。ちなみに、前後力 F_x が増大するにつれて限界の横力 F_y は小さくなる。また、横力 F_y が増大するにつれて限界の前後力 F_x は小さくなる。また、転舵角 θ_s が大きくなると、限界の前後力 F_x 及び横力 F_y は小さくなる。これらのことは、図12から容易に理解することができる。本実施形態では、転舵輪についてのタイヤ摩擦円及びタイヤ摩擦円利用率 ξ を求め、このタイヤ摩擦円利用率 ξ に応じてジョイスティックに操作反力（ブレーキ操作反力、スロットル操作反力、転舵操作反力）を与える。なお、本実施形態では、ジョイスティックの前方への操作量をスロットル操作量とし、後方への操作量をブレーキ操作量とし、左右方向への操作量を転舵操作量とする。

【0017】まず、図1を参照して運転操作装置Aの全体構成について説明する。なお、図1は、運転操作装置の全体構成図である。

【0018】図1に示すように、運転操作装置Aは、ジョイスティック（運転操作子）1、転舵操作量センサ2、加減速操作量センサ3、制御装置4、ステアリングモータ5、スロットルアクチュエータ6、ブレーキアクチュエータ7、転舵操作反力モータ8、加減速操作反力モータ9、ラック位置センサ10、スロットル開度センサ11、ブレーキ液圧センサ12、傾動支持機構13、復帰機構15、16などから構成される。

【0019】〔ジョイスティック〕まず、ジョイスティック1の構成について説明する。運転操作装置Aは、車両の加減速操作及び転舵操作を行うためのジョイスティック1を備える。そのため、ジョイスティック1は、車両の進行方向に対して前後方向に傾動する操作ができると共に左右方向にも傾動する操作ができるように傾動支持機構13に支持される（図2、図3参照）。したがって、ジョイスティック1は、円運動を描くように操作することができる。

【0020】ジョイスティック1を前後方向に傾動する操作は、ジョイスティック1の前後方向の操作を可能とする回転軸に備えられたポテンシオメータなどからなる加減速操作量センサ3により、その操作量が電圧として検出（出力）されるようになっている。この操作量は、ジョイスティック1の中立状態を基準にして、後方に傾動する場合がブレーキ操作量であり、前方に傾動する場合がスロットル操作量である。そして、加減速操作量センサ3は、検出値を制御装置4に出力する。ちなみに、このジョイスティック1を前後方向に傾動する操作が、車両の加減速操作となる。

【0021】図8の（a）図を参照して、ジョイスティック1の前後方向の操作量に対する加減速操作量センサ3の出力の設定について説明する。なお、図8の（a）図は、ジョイスティック1の前後方向の位置と加減速操作量センサ3の出力との関係図である。この図から判るように、加減速操作量センサ3は、ジョイスティック1を前方に傾動する操作を行うと該センサ3の出力を増加させ、後方に傾動する操作を行うと該センサ3の出力を低下させる。そして、加減速操作量センサ3の出力が基準値を上回る部分がスロットル操作量であり、基準値を下回る部分がブレーキ操作量である。したがって、加速操作及び減速操作（制動操作）とも、ジョイスティック1を傾動する操作の度合いが大きくなればなるほど、加減速操作量センサ3で検出（出力）される操作量も大きくなる。なお、スロットル操作量がブレーキ操作量かの判断は、後記する制御装置4の目標ブレーキ液圧設定部40及び目標スロットル開度設定部47で判断される（図5参照）。

【0022】また、ジョイスティック1を左右方向に傾動する操作も、ジョイスティック1の左右方向の操作を可能とする回転軸に備えられたポテンシオメータなどからなる転舵操作量センサ2により、その操作量が電圧として検出（出力）されるようになっている。この場合の操作量も、ジョイスティック1の中立状態を基準にして、右側に傾動する場合が右側転舵操作量であり、左側に傾動する場合が左側転舵操作量である。そして、転舵操作量センサ2は、検出値を制御装置4に出力する。ちなみに、このジョイスティック1を左右方向に傾動する操作が、車両の転舵操作となる。

【0023】図8の（b）図を参照して、ジョイスティック1の左右方向の操作量に対する転舵操作量センサ2の出力の設定について説明する。なお、図8の（b）図は、ジョイスティック1の左右方向の位置と転舵操作量センサ2の出力との関係図である。この図から判るよう、転舵操作量センサ2は、ジョイスティック1を右側に傾動する操作を行うと出力を増加させ、左側に傾動する操作を行うと出力を低下させるように設定される。そして、転舵操作量センサ2の出力が基準値を上回る部分が右側転舵操作量であり、基準値を下回る部分が左側転

舵操作量である。したがって、転舵操作は、ジョイスティック1を傾動する操作の度合いが大きくなればなるほど、加減速操作量センサ3で検出(出力)される操作量も大きくなる。なお、右側転舵操作量か左側転舵操作量かの判断は、後記する目標ラック位置設定部52で判断される(図6参照)。

【0024】そして、転舵操作量センサ2及び加減速操作量センサ3より検出された操作量(出力信号)は、制御装置4にハーネス(信号伝達ケーブル)を通じて送信され、CBWを実現するようになっている。

【0025】なお、運転操作装置Aの傾動支持機構13は、ジョイスティック1を前後方向に傾動する操作に対して、その操作量が多くなればなるほど受動的にジョイスティック1を中立状態に復帰する力が大きく発生するような、バネ(弾性体)を用いた復帰機構15、16を有している(図2、図3参照)。

【0026】ここで、図2から図4を参照して、ジョイスティック1と傾動支持機構13との構成を詳細に説明しておく。なお、図2は、ジョイスティック1の傾動支持機構13の一部破断側面図である。図3は、ジョイスティック1の傾動支持機構13の一部破断平面図である。図4は、ジョイスティック1の復帰機構15、16の一部破断正面図である。

【0027】ジョイスティック1は、車両の運転者が片手で操作できるように、運転席の例えば左側近傍に配置されている。ジョイスティック1は、パイプ状のスティック本体1Aの上端に操作グリップ1Bが固定された構造を有し、スティック本体1Aの下端部が傾動支持機構13を介して左右方向及び前後方向に傾動自在に支持されている。なお、この傾動支持機構13は、スティック本体1Aに外装されたブーツ14によって覆われている(図1参照)。

【0028】傾動支持機構13は、ジョイスティック1を左右の転舵方向に傾動操作自在に支持する機構として、スティック本体1Aの下端部を前後方向に貫通してこれに固定された左右傾動用支持軸13Aと、この左右傾動用支持軸13Aの前後の両端部をベアリングBRGを介して回転自在に支持する傾動支持ベース13Bとを備えている。この傾動支持ベース13Bは、平面視において上方が開口した左右方向に長い概略長方形の枠状に形成されている。また、ジョイスティック1を傾動支持ベース13Bと共に前後の加減速方向に傾動操作自在に支持する機構として、傾動支持ベース13Bの左右の端部に同軸状に突設された一対の前後傾動用支持ピン13Cと、この一対の前後傾動用支持ピン13Cを、ベアリングBRGを介して回転自在に支持する固定支持ベース13Dとを備えている。この固定支持ベース13Dは、左右の両端部に側壁を有する上方が開口したコ字状に形成されている。

【0029】さらに、ジョイスティック1のスティック

本体1Aと傾動支持機構13の傾動支持ベース13Bとの間には、ジョイスティック1を左右の転舵操作方向の中立位置に復帰させる復帰機構15が設けられている。また、傾動支持機構13の傾動支持ベース13Bと固定支持ベース13Dとの間には、傾動支持ベース13Bと共にジョイスティック1を前後の加減速操作方向の中立位置に復帰させる復帰機構16が設けられている。

【0030】復帰機構15及び復帰機構16は、略同様に構成されているため、その一方の復帰機構15について説明し、他方の復帰機構16については説明を省略する。この復帰機構15は、傾動支持ベース13Bからスティック本体1Aへ向けて左右傾動用支持軸13Aと平行に突設された固定ピン15Aと、スティック本体1Aから傾動支持ベース13Bへ向けて左右傾動用支持軸13Aと平行に突設された回転ピン15Bと、左右傾動用支持軸13Aに巻装された巻バネ15Cとで構成されている。固定ピン15Aは、左右傾動用支持軸13Aの軸心を通る鉛直線上に配置して左右傾動用支持軸13Aの上方に配置されている。また、巻バネ15Cは、その両端部を放射方向に折り曲げた係止部15Dが固定ピン15Aに交差状態で係止されている。一方、回転ピン15Bは、スティック本体1Aの傾動操作に応じて巻バネ15Cの一対の係止部15Dのいずれか一方を押動するように、交差状態の一対の係止部15Dの間に挿入されている。そして、この回転ピン15Bが一対の係止部15Dに押動されて固定ピン15Aの下方に位置すると、ジョイスティック1が略垂直に起立して左右の転舵操作方向の中立位置に停止するように構成されている。

【0031】さらに、傾動支持機構13は、運転者によるジョイスティック1の操作に対して、ジョイスティック1の動きに反力を加える反力発生手段を有する(反力の方向及び大きさについては後記する)。この反力発生手段は、ジョイスティック1の前後方向の回転軸の動きに反力を加える加減速操作反力モータ9、及びジョイスティック1の左右方向の回転軸の動きに反力を加える転舵操作反力モータ8を有する(図1参照)。反力の大きさ及び方向は制御装置4により設定されるが、この点は後記する。

【0032】〔ブレーキ系〕次に、図1に戻って、運転操作装置Aにおけるブレーキ系の構成を説明する。この車両のブレーキ系は、通常の車両と異なりブレーキペダルを有しない。その代わりに、ジョイスティック1がブレーキペダルの役割を有し、前記したように、中立状態のジョイスティック1を後方に傾動する操作を行うとブレーキが効くようになっている。

【0033】また、この車両のブレーキ系は、エンジンの負圧などを利用するブレーキ倍力装置やマスタシリンダなどを有しない。その代わりに、トラクションコントロールシステム(TCS)やアンチブレーキロックシステム(ABS)のような、ブレーキ液圧発生用のポンプ

及びブレーキ液圧制御用の比例電磁弁を有し、ポンプが発生したブレーキ液圧を、比例電磁弁を介してホイールシリンダに作用させるようになっている。また、ホイールシリンダにはブレーキ液圧センサ12が取り付けられ、ホイールシリンダのブレーキ液圧を検出して制御装置4に送信するようになっている。なお、ブレーキアクチュエータ7は、前記した比例電磁弁に相当し、制御装置4が生成する駆動信号に基づいて駆動される。

【0031】スロットル系に、運転操作装置Aにおけるスロットル系の構成を説明する。この車両のスロットル系は、通常の車両と異なりスロットルペダル（アクセルペダル）を有しない。その代わりに、ジョイスティック1がスロットルペダルの役割を有し、前記したように、中立状態のジョイスティック1を前方に傾動する操作を行うと、スロットル弁が開くようになっている。

【0032】この車両のスロットル弁は、弁駆動モータにより駆動される。スロットル弁の開度は、スロットル開度センサ11により監視されるようになっている。なお、スロットルアクチュエータ6は、前記した弁駆動モータに相当し、制御装置4が生成する駆動信号に基づいて駆動される。

【0033】転舵系に、運転操作装置Aにおける転舵系の構成を説明する。この車両の転舵系は、通常の車両と異なりステアリングホイールを有しない。その代わりに、ジョイスティック1がステアリングホイールの役割を有し、前記したように、中立状態のジョイスティック1を左側に傾動する操作を行うと、転舵輪W、Wが左側に転舵するようになっている。また、左側に傾動したジョイスティック1を中立状態に戻す操作を行うと、転舵輪W、Wが中立状態に戻るようになっている。一方、中立状態のジョイスティック1を右側に傾動する操作を行うと転舵輪W、Wが右側に転舵するようになっている。また、右側に傾動したジョイスティック1を中立状態に戻す操作を行うと、転舵輪W、Wが中立状態に戻るようになっている。

【0037】また、この車両は、運転者の転舵力をラック軸18に伝達するステアリング軸やラックアンドピニオン機構などを有しない。その代わりに、ラック軸18を軸方向に動かすステアリングモータ（ステアリングアクチュエータ）5、ボールねじ機構17及びラック位置センサ10を有する。なお、ステアリングモータ5は車体フレームに対して固定され、ステアリングモータ5の回転運動をボールねじ機構17を介してラック軸18の直線運動に変換している。これにより、ステアリングモータ5が発生する回転トルクがラック軸18の軸力に変換され、ラック軸18に生じた軸力は、ラック軸18の端部のタイロッド19、19を介して転舵輪W、Wの転舵トルクへと変換される。また、ラック位置センサ10は、ラック軸18の直線運動におけるラック位置を検出して制御装置4に送信するようになっている。なお、ス

テアリングモータ5は、制御装置4が生成する駆動信号に基づいて駆動される。

【0038】〔センサ類〕さらに、運転操作装置Aを制御装置4で制御するために、車両には各種情報を制御装置4に取り込むための各種センサを有する。ラック位置センサ10は、ラック軸18の左右方向の位置を検出し、ラック位置を制御装置4に送信する。スロットル開度センサ11は、スロットル弁の開度を検出し、スロットル開度を電機的な信号として制御装置4に送信する。ブレーキ液圧センサ12は、ホイールシリンダのブレーキ液圧を検出して制御装置4に送信する。

【0039】これに加えて車両は、図7に示すように、ステアリングモータ5に印加されるモータ電圧（Vm）を検出するステアリングモータ電圧センサ71及びステアリングモータ5に流れるモータ電流（Im）を検出するステアリングモータ電流センサ72を有する。検出したモータ電圧及びモータ電流は電機的な信号として制御装置4に送信され、タイヤ摩擦円利用率を演算するために使用される。また、車両は、車速（V）を検出する車速センサ73及びエンジン回転速度（Ne）を検出するエンジン回転速度センサ74を有する。検出した車速及びエンジン回転速度は電機的な信号として制御装置4に送信され、タイヤ摩擦円利用率（図12参照）を決定するために使用される。

【0040】〔制御装置〕次に、図5から図7を参照して制御装置4の構成を説明する。図5は、制御装置におけるブレーキ制御部、ブレーキ操作反力制御部、スロットル制御部及びスロットル操作反力制御部にかかる構成を示すブロック構成図である。図6は、制御装置における転舵制御部及び転舵操作反力制御部にかかる構成を示すブロック構成図である。図7は、制御装置におけるタイヤ摩擦円利用率演算制御部にかかる構成を示すブロック構成図である。

【0041】制御装置4は、コンピュータ及び駆動回路などから構成され、CBWを実現するため、前記した各種センサ2、3、10、11、12、71～74の出力信号をデジタル化して入力し、所定の処理を行い、各アクチュエータ5～7、転舵操作反力モータ8及び加減速操作反力モータ9を所定の制御のもとに駆動する駆動信号を出力する。なお、図5～図7に示すように、制御装置4は、ブレーキ制御部4A、ブレーキ操作反力制御部4B、スロットル制御部4C、スロットル操作反力制御部4D、転舵制御部4E、転舵操作反力制御部4F及びタイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gを有する。

【0042】〔ブレーキ制御部〕制御装置4におけるブレーキ制御部4Aの構成を説明する（図5参照）。ブレーキ制御部4Aは、運転者によるジョイスティック1の加減速操作の操作量に応じたブレーキ液圧をホイールシリンダに作用させる制御を行う。

【0043】ブレーキ制御部4Aは、目標ブレーキ液圧

設定部40、偏差演算部41、ブレーキアクチュエータ制御信号出力部42及びブレーキアクチュエータ駆動回路43を含んで構成される。なお、ブレーキ制御部4Aのうち、ブレーキアクチュエータ駆動回路43を除いた部分は、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。

【0044】目標ブレーキ液圧設定部40は、ブレーキ操作量たる加減速操作量センサ3の出力をアドレスとしてブレーキマップを検索し、ホイールシリンダに加えるべき目標ブレーキ液圧を設定する。なお、ブレーキマップは、ブレーキ操作量が大きくなれば目標ブレーキ液圧も大きくなるように設定されている。但し、加減速操作量センサ3の出力（検出値）とブレーキ操作量との関係は、加減速操作量センサ3の出力が小さいほどブレーキ操作量が大きくなるというものである（図8（a）参照）。したがって、目標ブレーキ液圧設定部40におけるブレーキマップは、図9（a）のように右肩下がりになっている。

【0045】偏差演算部41は、目標ブレーキ液圧とブレーキ液圧センサ12が検出した実ブレーキ液圧の偏差を演算し、偏差を後段のブレーキアクチュエータ制御信号出力部42に送信する。ブレーキアクチュエータ制御信号出力部42は、偏差にP（比例）、I（積分）及びD（微分）などの処理を施してその偏差をゼロに近づけるように、ホイールシリンダにブレーキ液圧を供給するブレーキアクチュエータ（比例電磁弁）7を制御する制御信号を生成して、ブレーキアクチュエータ駆動回路43に出力する。

【0046】ブレーキアクチュエータ7は、ブレーキアクチュエータ駆動回路43が制御信号に基づいて生成した駆動信号により駆動される（比例電磁弁が開閉駆動される）。つまり、CBWによりブレーキ操作がなされる。

【0047】〔スロットル制御部〕制御装置4におけるスロットル制御部4Cの構成を説明する（図5参照）。スロットル制御部4Cは、運転者によるジョイスティック1の加減速操作の操作量に応じた開度になるように、スロットル弁を制御する。

【0048】スロットル制御部4Cは、目標スロットル開度設定部47、偏差演算部48、スロットルアクチュエータ制御信号出力部49及びスロットルアクチュエータ駆動回路50を含んで構成される。なお、スロットル制御部4Cのうち、スロットルアクチュエータ駆動回路50を除いた部分は、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。

【0049】目標スロットル開度設定部47は、スロットル操作量たる加減速操作量センサ3の出力をアドレスとしてスロットルマップを検索し、目標スロットル開度を設定する。なお、スロットルマップは、スロットル操作量が大きくなれば目標スロットル開度も大きくなるよ

うに設定されている。ちなみに、加減速操作量センサ3の出力が大きくなるとスロットル操作量も大きくなるので、スロットルマップは、図9（b）に示すように右肩上りになっている。この点で、加減速操作量センサ3の出力が小さくなるとブレーキ操作量が大きくなるために右肩下がりとなっているブレーキマップ（図9（a）参照）とは異なる。

【0050】偏差演算部48は、目標スロットル開度とスロットル開度センサ11が検出した実スロットル開度の偏差を演算し、偏差を後段のスロットルアクチュエータ制御信号出力部49に送信する。スロットルアクチュエータ制御信号出力部49は、偏差にP（比例）、I（積分）及びD（微分）などの処理を施してその偏差をゼロに近づけるように、スロットル弁を駆動するスロットルアクチュエータ6を制御する制御信号を生成して、スロットルアクチュエータ駆動回路50に出力する。

【0051】スロットルアクチュエータ6は、スロットルアクチュエータ駆動回路50が制御信号に基づいて生成した駆動信号により駆動される（弁駆動モータが駆動される）。つまり、CBWによりスロットル操作がなされる。

【0052】〔転舵制御部〕制御装置4における転舵制御部4Eの構成を説明する（図6参照）。転舵制御部4Eは、運転者によるジョイスティック1の転舵操作の操作量に応じて、転舵輪W、Wを転舵する制御を行う。

【0053】転舵制御部4Eは、目標ラック位置設定部52、偏差演算部53、ステアリングモータ制御信号出力部54及びステアリングモータ駆動回路55を含んで構成される。なお、転舵制御部4Eのうち、ステアリングモータ駆動回路55を除いた部分は、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。

【0054】目標ラック位置設定部52は、右側転舵操作量及び左側転舵操作量たる転舵操作量センサ2の出力をアドレスとして転舵マップを検索し、目標ラック位置を設定する。なお、転舵マップは、図10に示すように、右側転舵操作量が大きくなればこれに応じて目標ラック位置が左側に移動するように（転舵輪W、Wが右に切れるように）、左側転舵操作量が大きくなればこれに応じて目標ラック位置が右側に移動するように（転舵輪W、Wが左に切れるように）、それぞれ設定されている。

【0055】偏差演算部53は、目標ラック位置とラック位置センサ10が検出した実ラック位置の偏差を演算し、偏差を後段のステアリングモータ制御信号出力部54に送信する。ステアリングモータ制御信号出力部54は、偏差にP（比例）、I（積分）及びD（微分）などの処理を施してその偏差をゼロに近づけるように、ラック軸18を駆動するステアリングモータ5を制御する制御信号を生成して、ステアリングモータ駆動回路55に出力する。

【0056】ステアリングモータ5は、ステアリングモータ駆動回路5が制御信号に基づいて生成した駆動信号により駆動される。つまり、SBWにより転舵操作がなされる。

【0057】〔ブレーキ操作反力制御部〕制御装置4におけるブレーキ操作反力制御部4Bの構成を説明する(図5参照)。ブレーキ操作反力制御部4Bは、運転者がジョイスティック1を後方向に傾動する操作を行う際、つまり、ブレーキを効かせる操作を行う際に、加減速操作反力モータ9を駆動して能動的にブレーキ操作反力をジョイスティック1に与える制御を行う。なお、ジョイスティック1に与えられるブレーキ操作反力は、タイヤ摩擦円利用率 μ (図12参照)に応じたものになるように制御される。

【0058】ブレーキ操作反力制御部4Bは、目標ブレーキ操作反力設定部44、加減速操作反力モータ制御信号出力部45及び加減速操作反力モータ駆動回路46を含んで構成される。なお、ブレーキ操作反力制御部4Bのうち、加減速操作反力モータ駆動回路46を除いた部分は、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。

【0059】目標ブレーキ操作反力設定部44は、後で詳しく説明するタイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gが出力するタイヤ摩擦円利用率 μ を入力する。そして、タイヤ摩擦円利用率をアドレスとして目標ブレーキ操作反力マップを検索し、ジョイスティック1に与える反力の目標値である目標ブレーキ操作反力を設定する。図11に目標ブレーキ操作反力マップを示すが、目標ブレーキ操作反力は、タイヤ摩擦円利用率 μ が大きくなると大きくなるようになっている。ちなみに、このマップにおけるタイヤ摩擦円利用率 μ が1のところの目標ブレーキ操作反力は、例えば人間では動かせないような大きな反力が生じるように設定される(このようにすることで、車両が限界挙動を超えることがなくなる)。

【0060】なお、目標ブレーキ操作反力設定部44は、加減速操作量センサ3の出力(ブレーキ操作量)を入力してブレーキ操作量の増減を監視し、ブレーキ操作量を増す操作(ブレーキ力を増す操作)に対してのみ目標ブレーキ操作反力マップに基づいた反力を設定する。一方、ブレーキ操作量を減じる操作に対しては、目標ブレーキ操作反力をゼロに設定する。このように、目標ブレーキ操作反力を設定するのは、ブレーキ力を増す場合にのみブレーキ操作反力をジョイスティック1に与えるようにして、車両が限界挙動を超えないようにするためである。また、ブレーキ操作量を減じる操作を容易にするためである。換言すると、車両の限界挙動範囲内での運転操作を、運転者に促すためである。ちなみに、ブレーキ操作量を減じる場合は、目標ブレーキ操作反力設定部44がジョイスティック1の戻りをアシストするように目標ブレーキ操作反力を設定するようにしてもよい。

【0061】加減速操作反力モータ制御信号出力部45は、目標ブレーキ操作反力から加減速操作反力モータ9を制御する制御信号(方向信号+PWM信号)を生成して加減速操作反力モータ駆動回路46に出力する。

【0062】加減速操作反力モータ9は、制御信号に基づいて加減速操作反力モータ駆動回路46が生成した駆動信号により駆動される。

【0063】よって、運転者がジョイスティック1によりホイールシリンダにおけるブレーキ液圧を増加する操作を行う際には、ジョイスティック1に対してブレーキ操作反力が与えられる。このブレーキ操作反力の大きさは、タイヤ摩擦円利用率 μ が大きくなればなるほど大きくなる。このため、ブレーキ操作により車両が限界挙動を超えることがなくなる。

【0064】〔スロットル操作反力制御部〕制御装置4におけるスロットル操作反力制御部4Dの構成を説明する(図5参照)。スロットル操作反力制御部4Dは、運転者がジョイスティック1を前方向に傾動する操作を行う際、つまり、原動機(エンジン)の出力を増加する操作を行う際に、加減速操作反力モータを駆動して能動的にスロットル操作反力をジョイスティック1に与える制御を行う。なお、ジョイスティック1に与えられるスロットル操作反力は、タイヤ摩擦円利用率 μ (図12参照)に応じたものになるように制御される。

【0065】スロットル操作反力制御部4Dは、目標スロットル操作反力設定部51、加減速操作反力モータ制御信号出力部45及び加減速操作反力モータ駆動回路46を含んで構成される。なお、スロットル操作反力制御部4Dのうち、加減速操作反力モータ駆動回路46を除いた部分は、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。また、スロットル操作反力制御部4Dは、加減速操作反力モータ制御信号出力部45及び加減速操作反力モータ駆動回路46を、ブレーキ操作反力制御部4Bと共用する構成である。

【0066】目標スロットル反力設定部51は、タイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gが出力するタイヤ摩擦円利用率 μ を入力する。そして、タイヤ摩擦円利用率 μ をアドレスとして目標スロットル操作反力マップを検索し、ジョイスティック1に与える反力の目標値である目標スロットル操作反力を設定する。目標スロットル操作反力マップは、図11の目標ブレーキ操作反力マップと同じに設定してある。

【0067】なお、目標スロットル操作反力設定部51は、加減速操作量センサ3の出力(スロットル操作量)を入力してスロットル操作量の増減を監視し、スロットル操作量を増す操作(原動機の出力を増す操作)に対してのみ目標スロットル操作マップに基づいた反力を設定する。一方、スロットル操作量を減じる操作に対しては、目標スロットル操作反力をゼロに設定する。このように、目標スロットル操作反力を設定するのは、原動機

の出力を増す場合にのみスロットル操作反力をジョイスティック1に与えるようにして、車両が限界挙動を超えないようにするためである。また、スロットル操作量を減じる操作を容易にするためである。換言すると、車両の限界挙動範囲内での運転操作を、運転者に促すためである。ちなみに、スロットル操作量を減じる場合は、目標スロットル操作反力設定部51がジョイスティック1の戻りをアシストするように目標スロットル操作反力を設定するようにしてもよい。なお、ジョイスティック1に与えられるスロットル操作反力は、ブレーキ操作反力と方向が逆になるようにしてある。つまり、目標スロットル操作反力と目標ブレーキ操作反力は極性が反対になるようにしてある。

【0068】加減速操作反力モータ制御信号出力部45は、目標スロットル操作反力から加減速操作反力モータ9を制御する制御信号（方向信号+PWM信号）を生成して加減速操作反力モータ駆動回路46に出力する。

【0069】加減速操作反力モータ9は、制御信号に基づいて加減速操作反力モータ駆動回路46が生成した駆動信号により駆動される。

【0070】よって、運転者がジョイスティック1により原動機の出力を増す操作を行う際には、ジョイスティック1に対してスロットル操作反力が与えられる。このスロットル操作反力の大きさは、タイヤ摩擦円利用率 μ が大きくなればなるほど大きくなる。このため、スロットル操作により車両が限界挙動を超えることがなくなる。

【0071】〔転舵操作反力制御部〕制御装置4における転舵操作反力制御部4Fの構成を説明する（図6参照）。転舵操作反力制御部4Fは、運転者がジョイスティック1を左右方向に傾動する操作を行う際、つまり、転舵操作を行う際に、転舵操作反力モータ8を駆動して能動的に転舵操作反力をジョイスティック1に作用させる制御を行う。なお、ジョイスティック1に与えられる転舵操作反力は、タイヤ摩擦円利用率 μ （図12参照）に応じたものになる。

【0072】転舵操作反力制御部4Fは、目標転舵操作反力設定部56、転舵操作反力モータ制御信号出力部57及び転舵速操作反力モータ駆動回路58を含んで構成される。なお、転舵操作反力制御部4Fのうち、転舵操作反力モータ駆動回路58を除いた部分は、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。

【0073】目標転舵操作反力設定部56は、タイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gが出力するタイヤ摩擦円利用率 μ を入力する。そして、タイヤ摩擦円利用率をアドレスとして目標転舵操作反力マップを検索し、ジョイスティック1に与える反力の目標値である目標転舵操作反力を設定する。目標転舵操作反力マップは、図11の目標ブレーキ操作反力マップと同じに設定してある。

【0074】なお、目標転舵操作反力設定部56は、転舵操作量センサ2の出力（転舵操作量）を入力して転舵操作量の増減を監視し、ジョイスティック1の中立状態を基準にして、右側及び左側に転舵操作量を増す操作に対して目標転舵操作反力マップに基づいた反力を設定する。一方、転舵操作量を減じる操作に対しては、つまりジョイスティック1を中立状態に戻す操作に対しては、目標転舵操作反力をゼロに設定する。このように、目標転舵操作反力を設定するのは、転舵操作量を増す場合にのみ転舵操作反力をジョイスティック1に与えるようにして、車両が限界挙動を超えないようにするためである。また、転舵操作量を減じる操作を容易にするためである（セルフアライニングトルクにより転舵輪W、Wが中立状態に戻りやすくするため）。換言すると、車両の限界挙動範囲内での運転操作を、運転者に促すためである。ちなみに、転舵操作量を減じる場合は、目標転舵操作反力設定部56がジョイスティック1の戻りをアシストするように目標転舵操作反力を設定するようにしてもよい。なお、ジョイスティック1に与えられる転舵操作反力は、右側操作量と左側操作量とで逆になるようにしてある。つまり、右側転舵操作量における目標転舵操作反力と左側転舵操作量における目標転舵反力は極性が反対になるようにしてある。

【0075】転舵操作反力モータ制御信号出力部57は、目標転舵操作反力から転舵操作反力モータ8を制御する制御信号（方向信号+PWM信号）を生成して転舵操作反力モータ駆動回路58に出力する。

【0076】転舵操作反力モータ8は、制御信号に基づいて転舵操作反力モータ駆動回路58が生成した駆動信号により駆動される。

【0077】よって、運転者がジョイスティック1により右側転舵量及び左側転舵量を増加する操作を行う際には、ジョイスティック1に対して転舵操作反力が与えられる。この転舵操作反力の大きさは、タイヤ摩擦円利用率 μ が大きくなればなるほど大きくなる。このため、転舵操作により車両が限界挙動を超えることがなくなる。

【0078】〔タイヤ摩擦円利用率演算制御部〕制御装置4におけるタイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gの構成を説明する（図7及び図12参照）。タイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gは、路面摩擦係数 μ 、横力 F_x 、前後力 F_y 及び輪重 W_g を推定し、タイヤ摩擦円を設定すると共にタイヤ摩擦円利用率 μ を演算により求める。

【0079】タイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gは、ラック軸力演算部59、転舵角演算部60、路面摩擦係数演算部61、横力演算部62、前後力演算部63、輪重演算部64、タイヤ摩擦円設定部65及びタイヤ摩擦円利用率演算部66を含んで構成される。なお、タイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gは、制御装置4を構成するコンピュータにソフトウェア的に構成される。

【0080】路面摩擦係数 μ の推定する原理を説明す

る。図13は、路面摩擦係数とタイヤのコーナリングパワー（グリップ力）の関係を示す線図である。図14は、転舵角に対するラック軸力の増加線図である。図15は、ラック軸力の増分の比から路面摩擦係数を求める線図である。図16は、車速からトレールを求めるマップである。図17は、ラック軸、キングピン軸、転舵輪の関係を示す図である。

【0081】図13に示すように、路面摩擦係数 μ が低いほどタイヤのコーナリングパワー C_p が減少する。このため、ボールねじ機構17によりラック軸18を動かす本実施形態の転舵系の場合、同一転舵角 θ_s でのラック軸力 F_r は、路面摩擦係数 μ の低下に応じて小さくなる。したがって、路面摩擦係数 μ は、転舵輪 W 、 W の転舵角 θ_s に対する実ラック軸力 F_{rc} と、車両の設計値や実験による計測値の同定結果に基づいて、内部モデルとして予め設定されたモデルラック軸力 F_{rm} とを比較すれば推定することができる（図14及び図15参照）。

【0082】なお、SBW方式の場合の実ラック軸力 F_{rc} は、ステアリングモータ5からラック軸18に与えられるラック軸力 F_m になる（ $F_{rc}=F_m$ ）。ステアリングモータ5からのラック軸力 F_m は、ステアリングモータ5の出力軸トルク T_m にモータ出力ギヤ比 N をかけた値、 $F_m=N \cdot T_m$ で表される。

【0083】このうち、ステアリングモータ5の出力軸トルク T_m は、次式により求められる。

$$T_m = K_t \cdot I_m - J_m \cdot \theta_m' - C_m \cdot \theta_m' \pm T_f$$

但し、 K_t は、モータトルク定数、 I_m はモータ電流、 J_m はモータ回転部分の慣性モーメント（設計値・定数）、 θ_m' はモータ角速度、 θ_m'' はモータ角加速度、 C_m はモータ粘性係数、 T_f はフリクショントルクである。

【0084】また、ステアリングモータ5のモータ角速度 θ_m' は、モータ逆起電力から次式により求められる。

$$\theta_m' = (V_m - I_m \cdot R_m) / K_m$$

但し、 V_m はモータ電圧、 I_m はモータ電流、 R_m はモータ抵抗（設計値・定数）、 K_m はモータの誘導電圧定数である。実ラック軸力 F_{rc} は、タイヤ摩擦円利用率演算制御部4Gのラック軸力演算部59が、ステアリングモータ電圧センサ71及びステアリングモータ電流センサ72の出力 V_m （モータ電圧）、 I_m （モータ電流）を入力して演算する。

【0085】このようにして求めた実ラック軸力 F_{rc} と予め設定されたモデルラック軸力 F_{rm} とから、転舵角 θ_s の増加に対する実ラック軸力 F_{rc} とモデルラック軸力の増加率を求め（図14参照）、車両の応答が線形に近似した転舵角範囲内において、実ラック軸力増加率 $\Delta F_{rc} / \Delta \theta_s$ と、モデルラック軸力増加率 $\Delta F_{rm} / \Delta \theta_s$ との比 $\Delta F_{rc} / \Delta F_{rm}$ から、予め設定された路面摩擦係数判定マップ（図15参照）により路面摩擦係数 μ を検索して推定する（本実施形態では、後輪における路面摩擦係数 μ も転舵輪 W 、 W と同じとみなす）。路面摩擦係数 μ の演算は、路面摩擦係数演算部61が演算する。

【0086】なお、転舵輪 W 、 W の転舵角 θ_s は、ラック位置センサ10によるラック位置 R_c から転舵角演算部60が演算して推定する。

【0087】タイヤ摩擦円を設定する原理を説明する。路面摩擦係数 μ とタイヤの接地面に加わる輪重 W_g との積でタイヤの最大グリップ力 F_{max} が与えられるので（ $F_{max} = \mu \cdot W_g$ ）、タイヤと路面との間の摩擦係数 μ が判れば、タイヤの特性に基づいて予め設定しておいたタイヤ摩擦円基本形状と、横力 F_y 及び前後力 F_x で補正された旋回時の輪重 W_g とに基づいて、タイヤ摩擦円の大きさが設定できる。タイヤ摩擦円の設定は、タイヤ摩擦円設定部65が行う。

【0088】横力 F_y 及び前後力 F_x は、次のように求められる。即ち、実ラック軸力 F_{rc} と横力 F_y とのつり合いは、次式で与えられる。

$$F_{rc} \cdot L_a = F_y \cdot T \cdot \cos \theta_s$$

変形すると、

$$F_y = F_{rc} \cdot L_a / T \cdot \cos \theta_s$$

但し、 L_a は、ラック軸18とキングピン軸19aとの軸心間距離（設計値・定数、図17参照）、 T はトレール、 θ_s は転舵輪 W 、 W の転舵角である。

【0089】ここでトレール T は、ホイールアライメントの機械的な設定で定まるキャスタートレール T_c に、車速 V に応じて変化するニューマチックトレール T_p 成分を加えた値であり、予め設定したマップ（図16参照）により車速 V をアドレスとして求まる。なお、横力 F_y は、横力演算部62が求める。

【0090】前後力 F_x のうち前方力 F_{xf} は、次のようにして求められる。即ち、エンジン回転速度（ N_e ）、変速機におけるギヤ比及びタイヤ径などから駆動力を求め、これに路面摩擦係数 μ を乗じると前方力 F_{xf} が求まる。なお、駆動力は、エンジン回転速度からではなく、車速 V と吸気管負圧から求めることもできる。

【0091】前後力 F_x のうち後方力 F_{xb} は、次のようにして求められる。即ち、ブレーキ液圧 P とタイヤ径などからブレーキ力を求め、これに路面摩擦係数 μ を乗じると後方力 F_{xb} が求まる。前後力 F_x は、前後力演算部63が求める。

【0092】静的な輪重 W_g は、前後重量配分比と車両重量により求めることができる。そして、前進力 F_{xf} が加わっている場合は、転舵輪 W 、 W 側が軽くなり後輪側が重くなる。逆に、後方力 F_{xb} が加わっている場合は、転舵輪 W 、 W 側が重くなり後輪側が軽くなる。また、例えば右側から横力 F_y が加わっている場合は、左

側が重くなり右側が軽くなる。左側から横力 F_y が加わっている場合は、その逆になる。この考えに基づき輪重演算部 6 4 が動的な輪重 W_g を求める。求めた輪重 W_g は、タイヤ摩擦円設定部 6 5 で必要とされる。

$$(1) \dots \text{合力 } F = \sqrt{(F_x f^2 + F_y^2 - 2 F_x f \cdot F_y \cdot \cos \theta')}$$

なお、 θ' は、転舵角 θ_s から容易に求まる。

$$(2) \dots \text{合力 } F = \sqrt{(F_x b + F_y^2)}$$

$$(3) \dots \text{摩擦円利用率 } \xi = \text{合力 } F / \text{タイヤ摩擦円の半径 } R$$

ここで、(1) は前後力 F_x が前方力 $F_x f$ の場合の数式、(2) は前後力 F_x が後方力 $F_x b$ の場合の数式である。なお、前記の説明は、転舵輪 W 、 W が駆動輪である場合だが、非駆動輪であれば前方力 $F_x f = 0$ として、非転舵輪であれば転舵角 $\theta_s = 0$ として、同様にタイヤ摩擦円利用率 ξ を求めることができる。

【0094】タイヤ摩擦円利用率 ξ は、タイヤ摩擦円利用率演算部 6 6 が求める。求められたタイヤ摩擦円利用率 ξ は、目標ブレーキ操作反力設定部 4 4、目標スロットル操作反力設定部 5 1 及び目標転舵操作反力設定部 5 6 に出力され、前記したようなジョイスティック 1 に与えられる操作反力の制御が行われる。

【0095】なお、タイヤ摩擦円利用率 ξ は、各輪ごとに 4 個求められるが、そのどれを使用するかは任意である。車両の安定性を重視して 4 つのうち、最大値を使用してもよいし、4 つの平均値を使用してもよい。また、後輪の二つの平均値でもよい。ちなみに、本実施形態では、車両の安定性を考慮して最大値を使用している。

【0096】〔運転操作装置の動作〕次に、前記した運転操作装置 A の動作を、図 18 を参照して説明する（適宜図 1 などを参照）。

【0097】（ステップ a）車両停止状態から運転者がジョイスティック 1 を前方に傾動するとスロットル操作量が増し、スロットル制御部 4 C によりスロットルアクチュエータ 6 がスロットル弁を駆動して弁開度を増す。すると、前方力 $F_x f$ が発生し車両が前進し始める。これに応じてタイヤ摩擦円利用率 ξ が増加して行く。また、タイヤ摩擦円利用率 ξ の増加につれて、スロットル操作反力が増加して行く。なお、タイヤ摩擦円の設定及びタイヤ摩擦円利用率 ξ を演算するタイヤ摩擦円利用率演算制御部 4 G には、初期値としてダミーの路面摩擦係数 μ が設定してある。

【0098】図 18 (a 1) 及び (a 2) は、この際のタイヤ摩擦円利用率 ξ 及び反力（スロットル操作反力）を示すものである。ちなみに、運転者がジョイスティック 1 を右側又は左側に傾動しようとした場合にも、図 18 (a 2) に基づいた転舵操作反力が生じる。この時に生じる転舵操作反力は、スロットル操作反力と同じ大きさである。このため、運転者はジョイスティック 1 における転舵操作量の限度を予知することができる。もちろん、スロットル操作量を増す操作の限度も予知することができる。一方、スロットル操作量を減じる操作（ジョ

【0093】そして、タイヤ摩擦円利用率 ξ は、横力 F_y 及び前後力 F_x から合力 F を求め、この合力 F をタイヤ摩擦円の半径 $R (= F_{max})$ で除することにより求まる。この際に使用される数式は次のとおりである。

イスティック 1 を中立状態に戻す操作）に対しては、スロットル操作反力は生じない。

【0099】（ステップ b）ステップ a の状態から、運転者が例えばジョイスティック 1 を左側に傾動すると左側操作量が増し、転舵制御部 4 E によりステアリングモータ 5 がラック軸 1 8 を右側に動かして転舵輪 W 、 W を左側に転舵する（車両は左側に旋回し始める）。すると、タイヤ摩擦円利用率演算制御部 4 G が、転舵角 θ_s 、実ラック軸力 F_{rc} 、路面摩擦係数 μ 、横力 F_y 、前後力 F_x 、輪重 W_g を演算してタイヤ摩擦円を設定すると共に、タイヤ摩擦円利用率 ξ を演算する。

【0100】図 18 (b 1) 及び (b 2) は、この際のタイヤ摩擦円利用率 ξ 及び反力を示すものである。ステップ b における前方力 $F_x f$ はステップ a と同じ大きさであるが、転舵（転舵角 θ_s ）により横力 F_y が生じているため、合力 F はステップ a よりも大きくなっている。このため、タイヤ摩擦円利用率 ξ が 0.8 と、ステップ a の 0.6 よりも大きい。したがって、生じる反力もステップ a よりも大きい。よって、運転者は、ジョイスティック 1 における操作量の限界が近づいていることを予知することができる。ちなみに、ジョイスティック 1 におけるスロットル操作量を減じる操作及び／又は左側転舵量を減じる操作に対しては反力は生じない。

【0101】（ステップ c）ステップ b の状態から、運転者が例えばジョイスティック 1 をさらに左側に傾動すると左側操作量が増し、転舵制御部 4 E によりステアリングモータ 5 がラック軸 1 8 をさらに右側に動かして転舵輪 W 、 W をさらに左側に転舵する（車両は旋回半径を小さくして左側に旋回する）。すると、タイヤ摩擦円利用率演算制御部 4 G が、転舵角 θ_s 、実ラック軸力 F_{rc} 、路面摩擦係数 μ 、横力 F_y 、前後力 F_x 、輪重 W_g を演算してタイヤ摩擦円を設定すると共に、タイヤ摩擦円利用率 ξ を演算する。

【0102】図 18 (c 1) 及び (c 2) は、この際のタイヤ摩擦円利用率 ξ 及び反力を示すものである。ステップ c における前方力 $F_x f$ はステップ b と同じ大きさであるが、合力 F は、ステップ b よりも大きくなる。これは、さらなる転舵により、ステップ b よりも大きな横力 F_y が生じていること、転舵角 θ_s 自体が大きくなっていることにより合力 F が大きく演算（余弦定理）されることによる。つまり、横力 F_y の増加以上に合力 F が大きくなっている。これに対応してタイヤ摩擦円利用率

きもステップbの0.8よりも大きく、1になっている。なお、タイヤ摩擦円利用率 μ が1の場合は、車両は限界挙動に達していることを示す。したがって、ジョイスティック1に与えられる反力は、人間では動かせないくらいな大きさになっている。よって、ジョイスティック1により、スロットル操作量を増す操作及び右側転舵量を増す操作はできない（操作が阻止される）。このため、車両が限界挙動を超えることはない（仮に限界挙動を超えるとタイヤが路面にグリップしなくなる）。一方、スロットル操作量を減じる操作及び左側転舵量を減じる操作（合力Fをゼロに近づける操作）は、反力を受けることなく行える。よって、運転者は、車両の限界挙動内で車両を運転操作することができる。補足すると、車両の限界挙動を超えようとする、運転者は、車両の限界挙動（タイヤ摩擦円利用率 μ ）を低くするいずれかの方向にジョイスティック1を操作するように、運転操作装置Aに仕向けられる。

【0103】ちなみに、ステップaからステップcは、車両の前進及び左転舵を行った場合の運転操作装置Aの動作を説明したものであるが、右転舵や後退力が生じる操作（ブレーキ操作）を行った場合も前記説明と同様に摩擦円利用率 μ が演算され、これに応じて反力が設定される。したがって、本実施形態の運転操作装置Aによれば、運転者に車両の限界挙動を予知させることができ、また、車両の限界挙動を超えるジョイスティック1の操作が阻止される。また、車両の限界挙動範囲内での運転操作を運転者に促すことができる。また、ジョイスティック1における前後方向の反力と左右方向の反力が密接に関連付けられている。

【0104】なお、本発明は、前記した発明の実施の形態に限定されることなく幅広く変形実施することができる。例えば、前後力や横力を加速度センサやヨーレートセンサなどにより求めるようにしてもよい。また、輪重をロードセルなどにより求めるようにしてもよい。また、ブレーキとスロットルの操作方向を逆にしてもよい。また、車両の限界挙動時の反力は、限界挙動を超えようとするジョイスティックの操作に対しては、人間では動かせないようなものが生じるようにしたが、限界挙動を超えることができるような反力にしてもよい（反力の最大値を小さくする）。カウンターステアで走行したり、ドリフト走行したりする場合があるからである。また、ジョイスティックを操作する場合において、人間が出せる力は、ジョイスティックを前方に傾動させる場合、後方に傾動させる場合、右側に傾動させる場合、左側に傾動させる場合とで異なる。つまり、人間が出す押す力、引く力、右側への力、左側への力の最大値は、それぞれ異なる。したがって、人間が出せる力の最大値に基づいて、それぞれの操作方向における反力の大きさを設定してもよい。この場合は、目標ブレーキ操作反力設定部、目標スロットル操作反力設定部、目標転舵操作反

力設定部で個別に設定するようにすることができる。また、運転者の好みに応じて反力の大きさを設定することができるようにしてもよい。また、摩擦円の設定は、前記した発明の実施の形態による手段・手法に限定されるものではなく、種々の手段・手法により設定することができる。

【0105】

【発明の効果】以上説明した本発明は、以下のような優れた効果を有する。請求項1に記載の発明によれば、運転者に車両の限界挙動を運転者に予知させることができる。また、運転者に車両の限界挙動範囲内での運転操作を促すことができる。また、前後方向の反力と左右方向の反力が密接に関連付けられ、転舵しながら加減速を行うという日常でもっとも頻度の多い運転操作に関して、運転操作子に与えられる反力が理にかなったものとなり違和感がなくなる。また、請求項2に記載の発明によれば、運転者に車両の限界挙動を予知させることができ、また、運転者に車両の限界挙動範囲内での運転操作を促すことができ、また、前後方向の反力と左右方向の反力が密接に関連付けられ、転舵しながら加減速を行うという日常でもっとも頻度の多い運転操作に関して、運転操作子に与えられる反力が理にかなって違和感がないように、車両の運転操作装置を制御するプログラムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にかかる実施形態の運転操作装置の全体構成図である。

【図2】 図1のジョイスティック1の傾動支持機構の一部破断側面図である。

【図3】 図1のジョイスティック1の傾動支持機構の一部破断平面図である。

【図4】 図1のジョイスティック1の復帰機構の一部破断正面図である。

【図5】 図1の制御装置におけるブレーキ制御部、ブレーキ操作反力制御部、スロットル制御部及びスロットル操作反力制御部にかかる構成を示すブロック構成図である。

【図6】 図1の制御装置における転舵制御部及び転舵操作反力制御部にかかる構成を示すブロック構成図である。

【図7】 図1の制御装置におけるタイヤ摩擦円利用率演算制御部にかかる構成を示すブロック構成図である。

【図8】 (a)はジョイスティックの前後方向の位置と加減速操作量センサの出力との関係図であり、(b)はジョイスティックの左右方向の位置と転舵操作量センサの出力との関係図である。

【図9】 図1の制御装置におけるブレーキマップを示す図である。

【図10】 図1の制御装置における転舵マップを示す

図である。

【図11】 図1の制御装置における目標ブレーキ操作反力マップを示す図である。

【図12】 タイヤ摩擦円を示す図である。

【図13】 路面摩擦係数とコーナリングパワーの関係を示す線図である。

【図14】 転舵角に対するラック軸力の増加線図である。

【図15】 ラック軸力の増分の比から路面摩擦係数を求める線図である。

【図16】 車速からトレールを求めるマップである。

【図17】 ラック軸、キングピン軸、転舵輪の関係を示す図である。

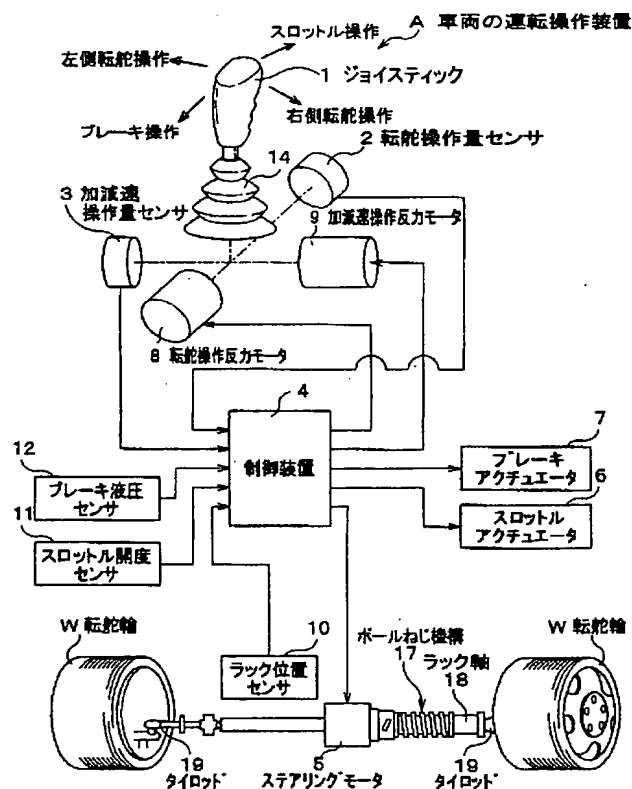
【図18】 本実施形態の運転操作装置を搭載した車両の走行時のタイヤ摩擦円及び反力の変化を(a1)から(c2)に示す図である。

【図19】 従来における車両の運転装置(転舵系)の構成図である。

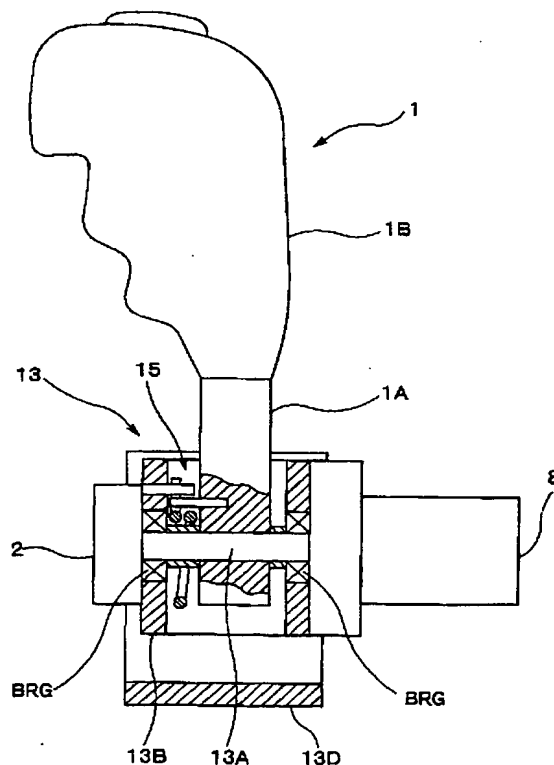
【符号の説明】

- | | | |
|----|---|--|
| A | … | 運転操作装置(車両の運転操作装置) |
| 1 | … | ジョイスティック(運転操作子) |
| 4 | … | 制御装置(コンピュータと駆動回路) |
| 4A | … | ブレーキ制御部(加減速制御手段) |
| 4B | … | ブレーキ操作反力制御部(反力制御手段) |
| 4C | … | スロットル制御部(加減速制御手段) |
| 4D | … | スロットル操作反力制御部(反力制御手段) |
| 4E | … | 転舵制御部(転舵制御手段) |
| 4F | … | 転舵操作反力制御部(反力制御手段) |
| 4G | … | タイヤ摩擦円利用率演算制御部(タイヤ摩擦円設定手段、タイヤ摩擦円利用率演算手段) |
| 5 | … | ステアリングモータ |
| 6 | … | スロットルアクチュエータ |
| 7 | … | ブレーキアクチュエータ |
| 8 | … | 転舵操作反力モータ |
| 9 | … | 加減速操作反力モータ |

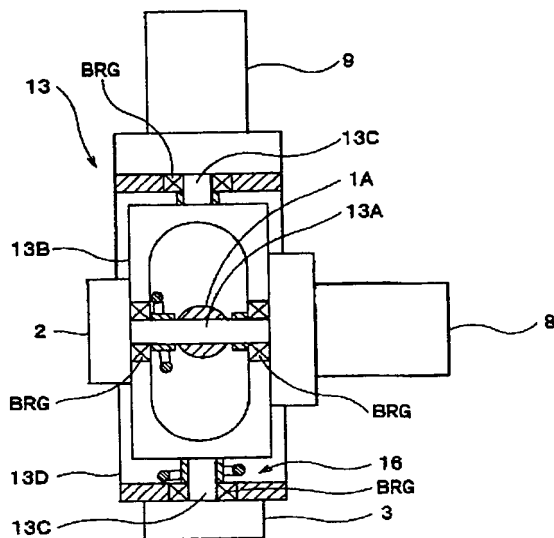
【図1】



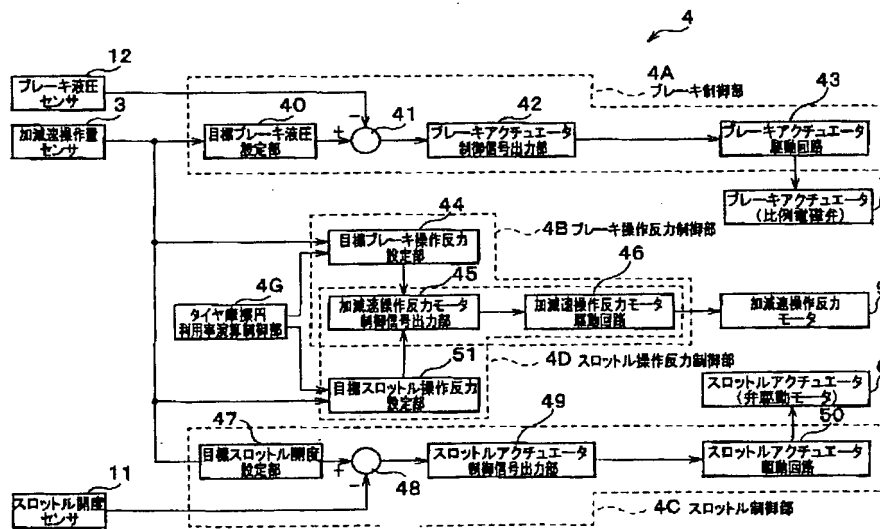
【図2】



【図3】



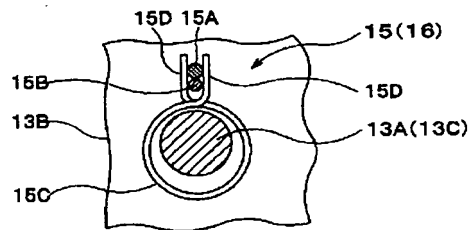
【図5】



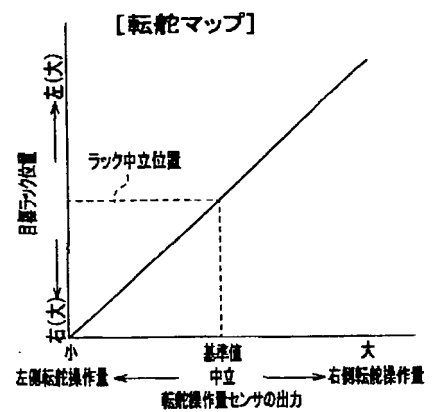
【図13】

【図14】

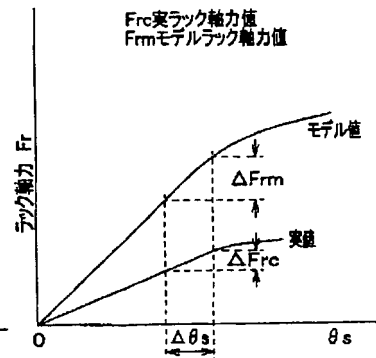
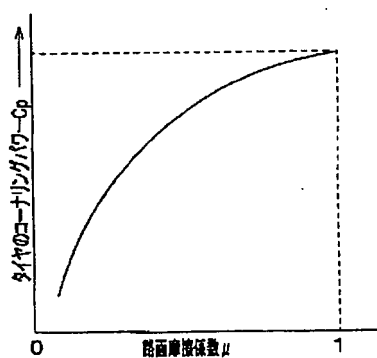
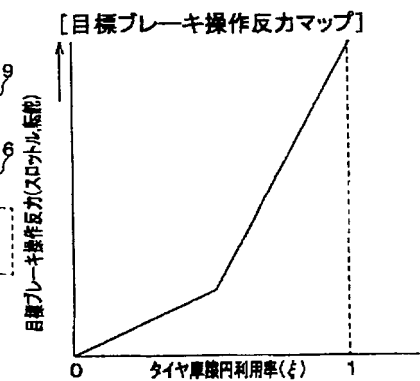
【図4】



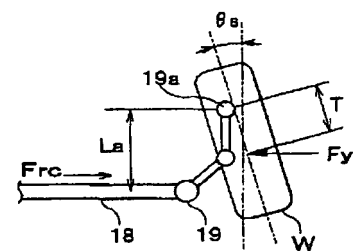
【図10】



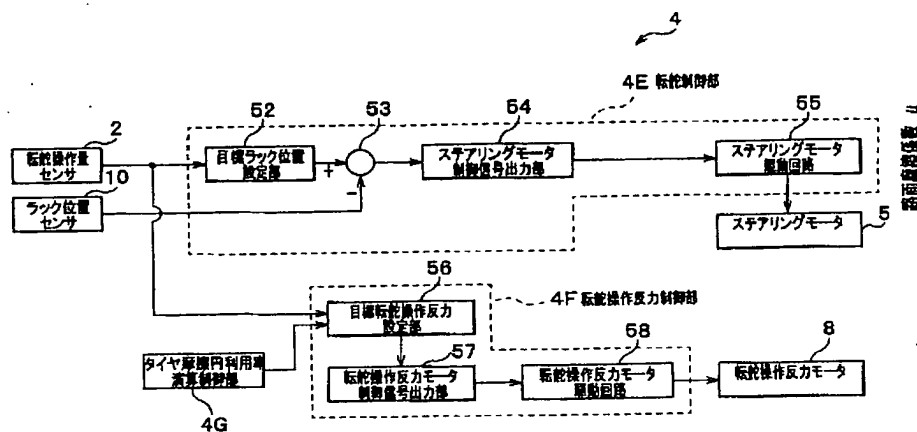
【図11】



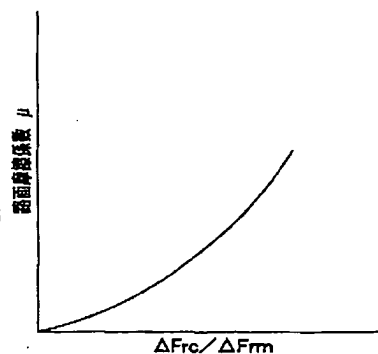
【図17】



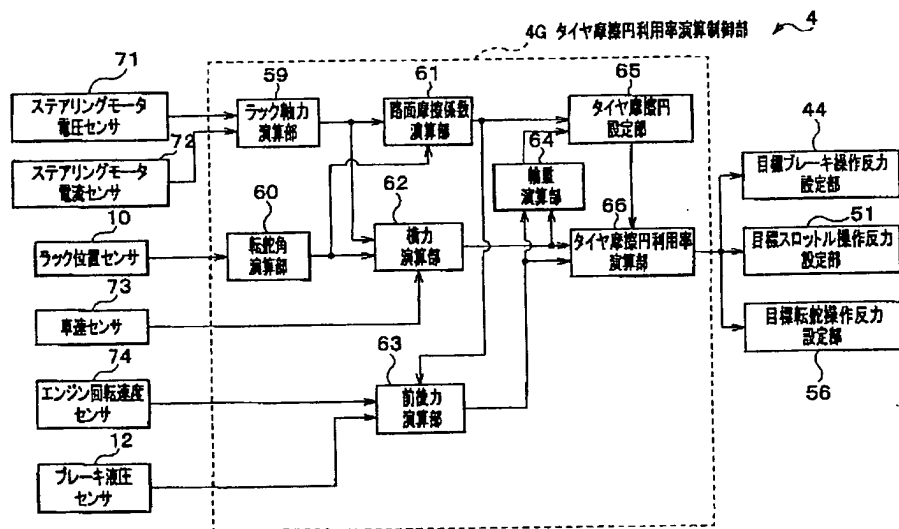
【図6】



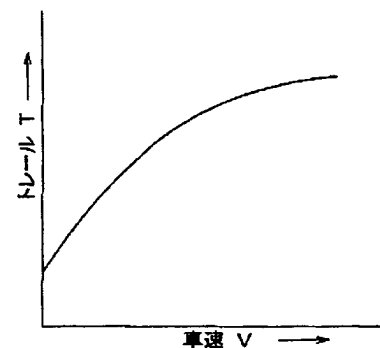
【図15】



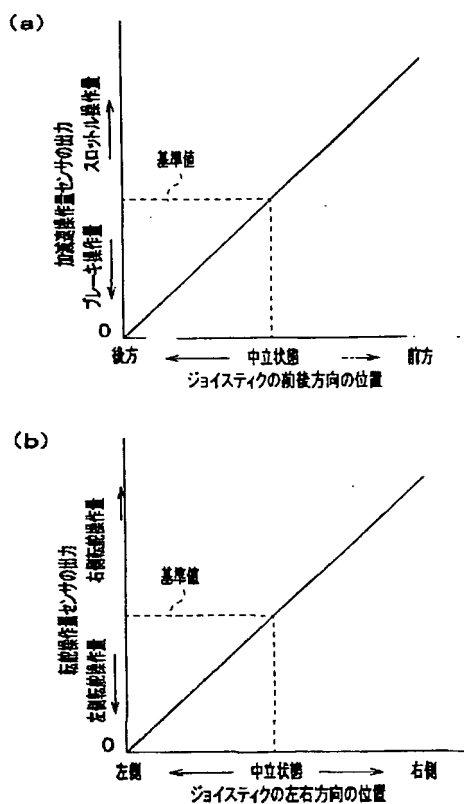
【図7】



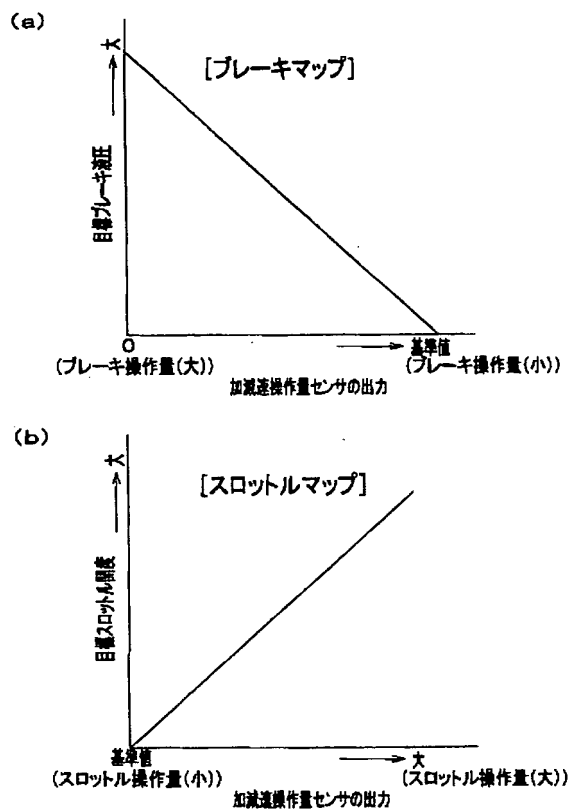
【図16】



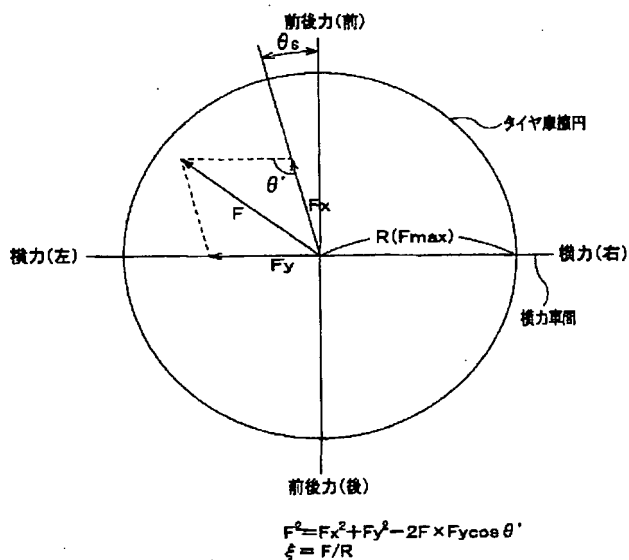
【図8】



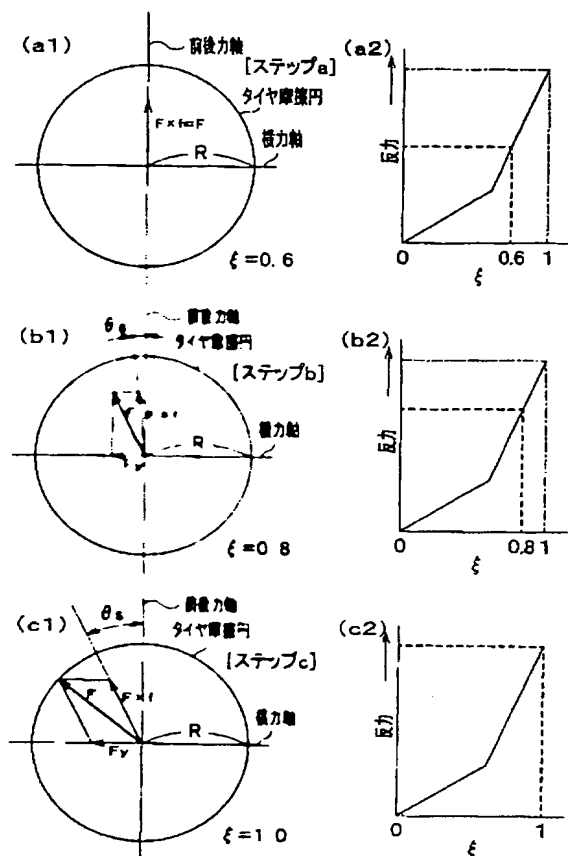
【図9】



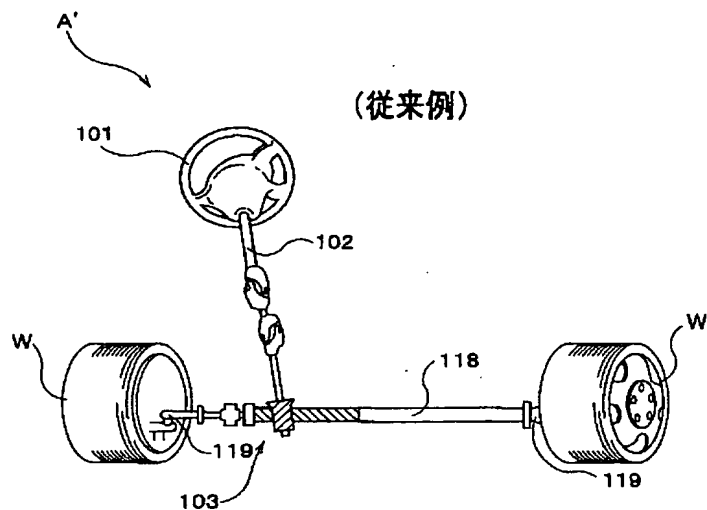
【図12】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

キーワード (参考)

F 0 2 D 11/02

F 0 2 D 11/02

Q 3 J 0 7 0

G 0 5 G 5/03

G 0 5 G 5/03

A

9/047

9/047

// B 6 2 D 109:00

B 6 2 D 109:00

111:00

111:00

113:00

113:00

137:00

137:00

(72) 発明者 鶴宮 修

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 河野 昌明

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3D030 DB95
3D032 CC03 DA03 DA63 DAS2 DA92
DA93 DD02 EB12 EB22 EC29
FF01 FF07
3D033 CA02 CA18
3D046 BB03 CC04 EE01 GG01 GG10
HH02 HH05 HH08 HH16 HH18
HH22 HH46
3G065 CA22 DA05 DA06 DA15 EA04
EA05 EA07 GA00 GA10 GA11
GA18 GA29 GA41 GA46 GA49
HA21 HA22 JA02 JA09 JA11
JA13 KA02
3J070 AA04 BA17 CC04 CC07 CC71
DA01

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.